Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 501-514

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۱۴-۵۰۱

مقاله پژوهشی

اثر کاربرد تلفیقی کود سبز کلزا (*Brassica napus* L.) و تراکم کاشت بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

جواد حمزه‌ئی[1*]- حسن خانی[2]- سیده فاطمه حسینی[3]- رحیمه صابرفر[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹

چکیده

مهار علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین مزایای کودهای سبز است. تراکم کاشت گیاه زراعی نیز از طریق کاهش نور قابل دسترس، زیست توده علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. از این‌رو، اثر کودسبز کلزا و تراکم کاشت آفتابگردان بر علف‌های هرز و عملکرد به‌صورت آزمایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شد. آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. وجین علف‌هرز، عدم کاربرد و کاربرد کود سبز در کرت‌های اصلی و تراکم‌های کاشت شش، هشت و ۱۰ بوته آفتابگردان در متر مربع در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تراکم و زیست توده علف‌های هرز تحت تأثیر اثر متقابل فاکتورها قرار گرفت. بیشترین تراکم و زیست توده علف‌های هرز در تیمار شش بوته آفتابگردان در متر مربع و بدون کاربرد کودسبز مشاهده شد. در مقایسه با این تیمار، ۱۰ بوته آفتابگردان در مترمربع و کاربرد کودسبز کارایی کنترل علف‌هرز را ۷۹ درصد افزایش و زیست توده تاج‌خروس، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز را به‌ترتیب ۷۰، ۷۶، ۹۹، ۹۲ و ۷۹ درصد کاهش داد. عملکرد تراکم ۱۰ بوته آفتابگردان در مترمربع در حالت وجین و کاربرد کودسبز بیشترین بود و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، کشت ۱۰ بوته آفتابگردان در متر مربع در کنار کاربرد کودسبز کلزا، علف‌های هرز را کنترل و بیش‌ترین عملکرد را حاصل کرد که می‌تواند به کاهش مصرف علف‌کش‌ها کمک کرده و گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: روش‌های زراعی کنترل علف‌های هرز، کشاورزی پایدار، مالچ، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز

مقدمه

علف‌های هرز مهم‌ترین عامل محدودکننده در نظام‌های کشاورزی می‌باشند و اگر کنترل نشوند، عملکرد گیاهان زراعی بسته به توان رقابتی آن‌ها تا ۹۰ درصد (۱۲) و بر اساس برخی منابع بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد (۱). علف‌های هرز از طریق رقابت برای جذب نور، آب و مواد غذایی، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۲). روش عمده مبارزه با علف‌های هرز کاربرد علف‌کش‌ها است، ولی نگرانی‌های زیست‌محیطی، جامعه کشاورزی را وادار کرده تا از روش‌های جایگزین در کنترل علف‌های هرزدر قالب کشاورزی پایدار استفاده کنند (۹).

کشاورزی پایدار به مجموعه و دامنه‌ای از فعالیت‌ها مانند مدیریت تلفیقی علف‌های هرز و به‌کارگیری تکنیک‌های خاص مدیریت زراعی اطلاق می‌شود که موجب پایداری نظام زراعی می‌شود (۲). از جمله راهکارهایی که برای حرکت به سمت پایداری نظام‌های کشاورزی مطرح است، استفاده از کود سبز به‌منظور تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و مبارزه با علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی و همچنین استفاده از تراکم‌های کاشتی است که ضمن حصول عملکرد قابل قبول از رشد و خسارت علف‌های هرز جلوگیری نماید. از کود سبز برای کنترل علف‌های هرز، حاصلخیزی خاک و بهبود کیفیت خاک استفاده می‌شود (۲، ۸ و ۱۷). کودهای سبز، گیاهانی هستند که به منظور اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و تأمین عناصر غذایی ضروری برای رشد مطلوب گیاه اصلی کشت می‌شوند (۵، ۱۶). استفاده از انواع مختلف کودسبز، مدیریتی مناسب برای تولید پایدار در تمام بوم نظام‌های کشاورزی است، چراکه می‌تواند باعث افزایش پایداری از طریق کاهش فرسایش، افزایش مواد آلی و نگهداری عناصر غذایی خاک گردد (۱۴،۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۳). مخلوط

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2020.32812.0

کردن مقدار زیادی از بقایای گیاهان پوششی با خاک، مخصوصاً اگر آب‌دار باشد اغلب موجب افزایش جمعیت پاتوژن‌های خاک‌زی مثل قارچ‌های عامل مرگ گیاهچه می‌شوند. به نظر می‌رسد علت کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز پس از آمیخته شدن گیاهان پوششی با خاک همین امر باشد که در زیر خاک موجب پوسیده شدن بذر آن‌ها یا مرگ گیاهچه می‌شود (۱۷). کود سبز از طریق تغییر قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه زراعی و افزایش قابلیت رقابت با علف‌های هرز نیز از جوانه زنی علف‌های هرز جلوگیری کرده و رشد آن‌ها را کاهش می‌دهد (۲ و ۱۶). گیاهان تیره شب بوئیان شامل کلزا (*Brassica napus*) و خردل (*Sinapis arvensis*) به عنوان کود سبز مناسب جهت کاهش جمعیت علف‌های هرز و پاتوژن‌ها (۱۵ و ۱۱) معرفی شده‌اند. گزارش شده است که وجود ترکیبات ایزوتیوسیانات در بقایای این گیاهان از جوانه زنی بذر علف‌های هرز ممانعت کرده، جوانه زنی آن‌ها را به تأخیر انداخته و یا رشد گیاهچه آن‌ها را مختل می‌کند (۱۱). همچنین، در صورتی که هدف اصلی استفاده از کود سبز، کنترل علف‌های هرز باشد، گونه‌های غیر لگوم مانند کلزا مناسب خواهد بود (۳). کود سبز برخلاف جلوگیری از جوانه زنی و استقرار بذور علف‌های هرز، مانع جوانه زنی بذور گیاهان زراعی نمی‌شود، زیرا جرم بذور اکثر علف‌های هرز قرار گرفته در بقایای کود سبز، یک تا سه مرتبه کم‌تر از جرم بذر گیاهان زراعی است (۲۵). در نتایج یک پژوهش مشخص شد که اندازه بذر، نقش مهمی در تعیین پاسخ بذور به تنش‌های مختلف مانند تنش‌های فیزیکی و شیمیایی ناشی از کود سبز دارد (۲۶).

نور مهم‌ترین منبعی است که گیاهان زراعی و علف‌های هرز بر سر آن رقابت می‌کنند. لذا میزان دسترسی به نور در رشد و عملکرد گیاهان زراعی بسیار مؤثر است (۱۲). بر همین اساس، یکی از روش-هایی که در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز برای افزایش توان رقابتی گیاه زراعی و سرکوب علف‌های هرز به کار می‌رود، تغییر آرایش فضایی گیاه زراعی و تراکم آن می‌باشد که از این طریق بیش‌ترین مقدار نور به گیاه زراعی و کمترین مقدار به علف‌هرز تحت رقابت با آن می‌رسد. افزایش تراکم گیاهی می‌تواند یک روش مؤثر برای افزایش سهم گیاه زراعی از کل موجودی منبع و کاهش وزن خشک علف‌های هرز باشد (۴ و ۱۹). به‌طوری‌که، امروزه افزایش تراکم تا حد مطلوب یکی از مهم‌ترین روش‌های مهار علف‌های هرز است که قدرت رقابتی گیاه زراعی را در مقابل علف‌های هرز افزایش داده و از رشد علف‌های هرز از طریق محدود کردن فضا و جذب عناصر غذایی توسط آن‌ها، باز می دارد (۱۲). محققین روش افزایش تراکم گیاه زراعی به منظور محدود ساختن اثرات رقابتی ناشی از علف‌های هرز را مؤثر دانسته‌اند، به طوری که با افزایش تراکم کاشت ذرت (*Zea mays* L.)، زیست توده، بقا و توان زادآوری علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus rudis*) به ترتیب ۹۹، ۹۷ و ۸۰ درصد کاهش یافت (۱۸). با توجه به اینکه گیاه زراعی کلزا با دارا بودن مواد آللوپاتیک علاوه بر استفاده‌های غذایی و دارویی، به عنوان تمیز کننده خاک و نیز کاهش دهنده بیماری‌های خاک‌زاد شناخته شده که از طریق کاهش جمعیت حشرات و میکرو ارگانیزم‌های خاک و نیز کنترل علف‌های هرز، محیط مناسبی را جهت کشت گیاهان دیگر فراهم می‌کند، این آزمایش به‌منظور بررسی اثر کود سبز کلزا و تراکم کاشت بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد آفتابگردان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد. محل اجرای آزمایش در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ۱۶۹۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. آزمایش به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. وجین علف‌های هرز و کاربرد و عدم کاربرد کودسبز کلزا در کرت‌های اصلی و تراکم‌های کاشت شش، هشت و ۱۰ بوته در مترمربع از آفتابگردان آجیلی رقم کانفتا در کرت‌های فرعی قرار گرفت. قابل ذکر است که در تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد کود سبز کلزا، کنترل علف‌هرز صورت نگرفت. کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) در مرحله شروع گل‌دهی با خاک مخلوط شد و پس از ۲ هفته آفتابگردان با تراکم‌های کاشت مورد نظر در داخل کرت‌های اصلی کشت شد. میزان زیست توده کلزا در زمان برگرداندن به خاک، در حدود ۶۲۵۰ کیلوگرم ماده خشک اندام هوایی در هکتار بود. در هر کرت فرعی ۶ ردیف کشت به طول ۵ متر قرار گرفت. نتایج آزمون خاک بافت خاک را لوم رسی، اسیدیته آن را ۷/۴۵، میزان پتاسیم قابل جذب را ۵۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، میزان فسفر قابل جذب را ۵۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، نیتروژن کل خاک را ۰/۱۳ درصد، هدایت الکتریکی آن را ۰/۴۰۹ میلی‌موس بر متر و ماده آلی آن را ۱/۳۲ درصد نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سه مرحله (۵۰ درصد در زمان کاشت، ۲۵ درصد در زمان ظهور طبق‌ها و ۲۵ درصد در زمان گل دهی) به خاک اضافه شد. نمونه برداری از علف‌های هرز به‌منظور تعیین تراکم و وزن خشک آن‌ها در سه مرحله (سه هفته پس از سبز شدن، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی آفتابگردان) با سه تکرار به وسیله کوادرات ۱×۱ متر مربع انجام گرفت. علف‌های هرز به تفکیک گونه شمارش و زیست توده آن‌ها پس از خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، توسط ترازو با دقت یک صدم اندازه‌گیری شد. همچنین، برای سنجش عملکرد دانه آفتابگردان نیز دو متر مربع از هر کرت آزمایشی پس از اعمال اثر حاشیه (یک ردیف از طرفین و نیم متر از بالا و پایین ردیف کاشت) برداشت شد. برای ارزیابی قابلیت کودسبز و تراکم بوته در کنترل علف‌های هرز

مزرعه آفتابگردان از شاخص کارایی کنترل علف‌هرز بر اساس معادلـه (۱) استفاده شد (۲۱).

$$WEC=((WB_c-WB_i)/WB_c)\times100$$ (معادله ۱)

در این فرمول WB_c زیست توده علف‌هـای هـرز در تیمـار عـدم کاربرد کود سبز در تراکم شش بوته در متر مربـع آفتـابگردان و WB_i زیست توده علف‌های هرز در سایر تیمارها (بـه جـز تیمارهـای کنتـرا علف‌هرز) می‌باشد. تجزیه داده‌ها توسط نرم‌افـزار آمـاری SAS ver. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سـطح آمـاری پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تاج‌خروس ریشه قرمز، دم روبـاهی سـبز، پیچـک و سـلمه تـره علف‌های هرز غالب مزرعه بودند. برخی ویژگی‌های ایـن علـف‌هـای هرز در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های اصلی علف‌های هرز غالب در مزرعه
Table 1- Main characteristics of dominant weeeds in the field

گونه علف هرز Weed species	نام عمومی Common name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway
تاج‌خروس ریشه قرمز	Redroot pigweed	*Amaranthus retroflexus* L.	Amaranthaceae	C_4
دم روباهی سبز	Foxtail millet	*Setaria viridis* L.	Poaceae	C_4
پیچک	Field bindweed	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulaceae	C_3
سلمه‌تره	Pigweed	*Chenopodium album* L.	Amaranthaceae	C_3

تراکم و زیست توده علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن

اثر کود سبز بر تراکم سلمه‌تره، پیچک و تراکم کل علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد و بر تراکم تاج‌خروس در سطح احتمال ۵ درصـد معنـی‌دار بـود. ولـی تراکم بوته آفتابگردان در این مرحله از رشد، تراکم علف‌هـای هـرز را تحت تأثیر قرار نداد. همچنین، اثر متقابل تیمارها بر تراکم علف‌هـای هرز سلمه‌تره و دم روباهی سبز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین تراکم علـف‌هـای هـرز تـاج خـروس ریشه قرمز (۱۸/۵۰ و ۱۳/۰۰ بوتـه در متـر مربـع)، پیچـک (۱۴/۲۰ و ۹/۷۰ بوته در متر مربع) و کل علف‌های هـرز (۸۲/۷۰ و ۶۵/۴۰ بوتـه در متر مربع) در سه هفته پس از سبز شدن آفتابگردان بـه‌ترتیـب بـه تیمارهای بدون کاربرد کود سبز (No-GM) و کاربرد کود سبز (GM) تعلق گرفت. در این مرحله از نمونـه‌بـرداری، کـود سـبز کلـزا تـراکم تاج‌خروس ریشـه قرمـز و پیچـک را بـه‌ترتیـب ۳۰، ۳۲ و ۲۱ درصـد کاهش داد (شکل ۱). مقایسه تراکم علـف‌هـای هـرز سـلمه‌تـره و دم روباهی سبز در ترکیبات تیماری نیز بیانگر این بود که تیمار شش بوته آفتابگردان در حالت عدم مصرف کود سبز بـالاترین تـراکم (۱۳/۵۰ و ۱۱/۴۰ بوته در متر مربع به ترتیب برای سلمه‌تره و دم روباهی سبز) را داشت و با افزایش تراکم آفتابگردان و کاربرد کود سبز کلـزا از تـراکم هر دو گونه علف‌هرز به‌طور معنی‌داری کاسته شد (شـکل ۲). زیسـت توده تاج‌خروس، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و زیست توده کـل علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن آفتـابگردان تحـت تـأثیر تیمار کود سبز قرار گرفت. ولی تراکم بوته آفتابگردان در این مرحله از رشد بر زیست توده علف‌های هرز نیز معنی‌دار نشد. اثـر متقابـل کـود سبز در تراکم آفتابگردان نیز بر زیست توده علف‌هـای هـرز غالـب در سطح احتمال ۵ درصد و بر زیست توده کل علف‌های هـرز در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بـه‌طـوری‌کـه بـیش‌تـرین زیست توده کل علف‌های هرز (۱۷/۵۰ گرم در مترمربع) در سه هفتـه پس از کاشت آفتابگردان مربوط به تیمار عدم کنترل در تـراکم شـش بوته و کم‌ترین زیست توده (۱۱/۱۶ گرم در متر مربـع) بـا ۳۶ درصـد کاهش مربوط به کود سبز کلزا در تراکم ۱۰ بوته آفتـابگردان در متـر مربع بود (جدول ۳). در این مرحله از رشد عمدتاً بین تـراکم شـش و هشت بوته آفتابگردان از نظر زیست توده علف‌های هرز غالب تفاوتی وجود نداشت که علت این امر می‌تواند از رشد کند اولیـه و در نتیجـه سطح سایه انداز پایین آفتابگردان ناشی شود. در مقابل، تأثیر کود سبز کلزا محسوس تر بود به‌طوری که کاربرد کود سبز در مقایسه بـا عـدم کاربرد، زیست توده کل علف‌های هرز را ۲۴ درصـد کـاهش داد ولـی این کاهش در تراکم ۱۰ بوته آفتابگردان نسبت به تراکم شش بوته در حدود ۱۲ درصد بود. وجود ترکیبات ایزوتیوسیانات در بقایای کلزا مانع از جوانه زنی بذر علف‌های هرز می‌شود و یـا رشـد گیـاهچـه آن‌هـا را مختل می‌کند (۱۱). کنتـرل علـف‌هـای هـرز توسـط بقایـای گیـاهی آمیخته با خاک را علاوه بر اثـرات دگـر آسـیبی بـه تغییـر در قابلیـت دسترسی به عناصر غذایی به دلیل تجزیه تـدریجی بقایـای گیـاهی و قرار دادن عناصر غذایی حاصل از آن‌ها در اختیار گیاه نیز نسـبت داده اند (۲، ۱۶ و ۳).

تراکم و زیست توده علف‌های هرز در زمان گل‌دهی آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که تیمارهای کودسبز و تراکم آفتابگردان، تراکم و زیست توده علف‌های هرز تاج‌خروس، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز را در زمان گل‌دهی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار دادند. همچنین، اثر متقابل تیمارها بر تراکم و زیست توده علف‌های هرز غالب و کل علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۴).

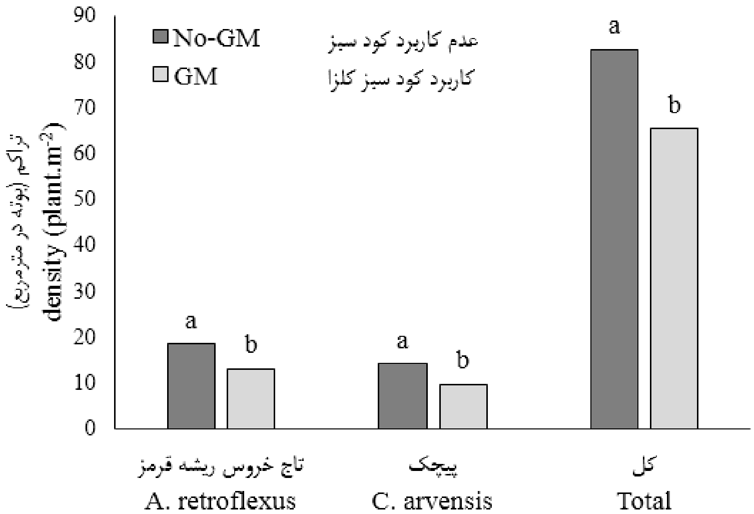
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر تراکم و زیست توده تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن

Table 2- Analysis of variance for the effect of canola green manure and sunflower density on density and biomass of *A.retroflexus*, *C. album*, *S. viridis*, *C. arvensis* and total weeds in three weeks after emergence

منابع تغییر	درجه آزادی	تاج خروس ریشه قرمز *A.retroflexus*		سلمه‌تره *C. album*		دم روباهی سبز *S. viridis*		پیچک *C. arvensis*		کل علف‌های هرز Total	
S.O.V	df	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass
بلوک Replication	2	12.10**	0.60**	0.70ns	0.06ns	12.10**	0.48**	2.10ns	0.24ns	89ns	8**
کودسبز Green manure	1	9.30*	1.33**	56.80**	3.38**	0.80ns	0.37*	88.80**	5.12**	1352**	67.20**
E_a	2	0.70	0.06	1.05	0.001	0.72	0.02	0.38	0.08	54.10	2.10
تراکم بوته Plant density	2	2.60ns	0.09ns	2.80ns	0.08ns	0.50ns	0.02ns	1.50ns	0.48ns	2.80ns	0.10ns
اثرمتقابل Interaction	2	2.80ns	0.24*	4.20*	0.16*	5.05*	0.20*	3.30ns	0.63*	74ns	7.05**
E_b	8	1.02	0.04	1.05	0.07	1.02	0.04	2.70	0.12	60.10	0.79
CV (%)	-	6.40	7.28	10.05	13.90	9.80	9.81	13.80	14.60	10.40	12.26

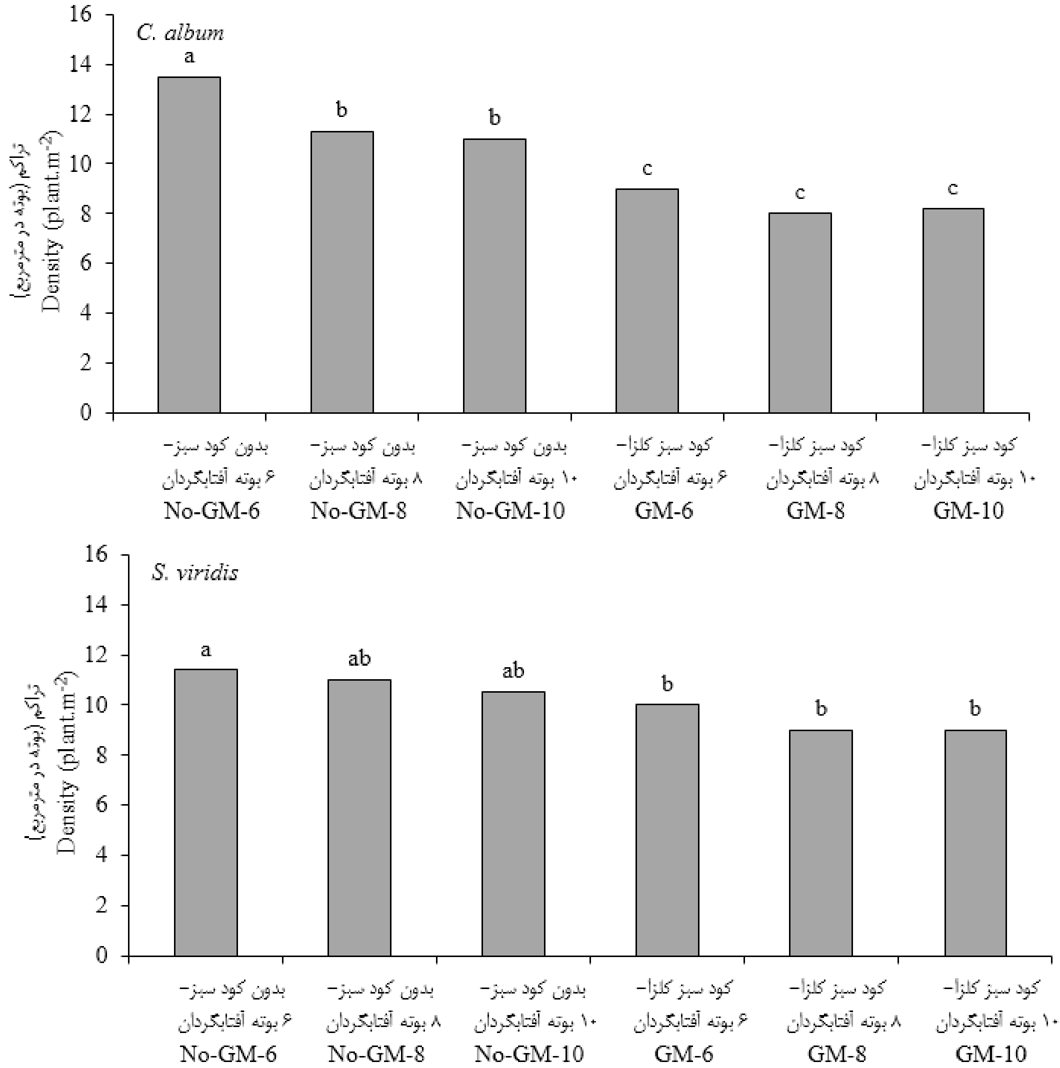
ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر عدم کاربرد (No-GM) و کاربرد کود سبز کلزا (GM) بر تراکم علف هرز تاج خروس ریشه قرمز، پیچک و کل علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن آفتابگردان

Figure 1- Means comparison for the effect of non using (No-GM) and using canola green manure (GM) on *A. retroflexus*, *C. arvensis* and total weeds density in three weeks after sunflower emergence



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کاربرد (GM) و عدم کاربرد (No-GM) کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان (٦، ۸ و ۱۰ بوته در مترمربع) بر تراکم علف‌های هرز سلمه‌تره و دم روباهی سبز در سه هفته پس از سبز شدن

Figure 2- Means comparison for the effect of using (GM) and non using (No-GM) canola green manur and sunflower density (6, 8 and 10 plants.m^{-2}) on *C. album* and *S. viridis* density in three weeks after emergence

بیشترین تراکم و زیست توده علف‌های هرز تاج‌خروس (۱۵/۳۰ بوته و ۵۸/۲۰ گرم در متر مربع)، سلمه‌تره (۱۱/۵۰ بوته و ۴۳/۰۰ گرم در متر مربع)، دم روباهی سبز (۱۵/۰۰ بوته و ۵۰/۰۰ گرم در متر مربع)، پیچک (۱۳/۰۰ بوته و ۴۰/۴۰ گرم در متر مربع) و کل علف های هرز (۸۴/۳ بوته و ۲۹۲/۴ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار عدم کنترل در تراکم شش بوته آفتابگردان بود.

در مقایسه با این تیمار، کاربرد کودسبز کلزا در تراکم شش بوته آفتابگردان، تراکم و زیست توده علف‌های هرز تاج‌خروس (۴۷/۷۱ و ۵۹/۴۷ درصد)، سلمه‌تره (۴۷/۸۳ و ۴۴/۱۹ درصد)، دم روباهی سبز (۵۳/۳۳ و ۵۲/۸۰ درصد)، پیچک (۵۳/۸۵ و ۶۵/۸۴ درصد) و کل علف‌های هرز (۴۷/۸۱ و ۵۳/۷۳ درصد) را کاهش داد (جدول ۵) که این امر توان کودسبز کلزا در مهار علف‌های هرز را دارد. با افزایش تراکم بوته آفتابگردان در واحد سطح، تراکم و زیست توده علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی این کاهش در شرایط کاربرد کود سبز کلزا بسیار محسوس بود. به‌طوری‌که، کاشت آفتابگردان با تراکم ۱۰ بوته و کاربرد کودسبز کلزا کم‌ترین تراکم و زیست توده علف‌های هرز تاج‌خروس (۵/۰۰ بوته و ۱۹/۰۰ گرم در متر مربع)، سلمه‌تره (۴/۷۰ بوته و ۱۷/۷۰ گرم در متر مربع)، دم روباهی سبز (۵/۰۰ بوته و ۱۶/۰۰ گرم در مترمربع)، پیچک (۴/۷۰ بوته و ۶/۷۰ گرم در متر مربع) و کل علف‌های هرز (۳۲/۳۰ بوته و ۹۰/۱۰ گرم در متر مربع) را در این مرحله به خود اختصاص داد (جدول ۵). در واقع، کشت ۱۰ بوته آفتابگردان در واحد سطح همراه با کاربرد کودسبز

توانست در مقایسه با کشت شش بوته آن و عدم کاربرد کودسبز، تراکم و زیست توده علف‌های هرز تاج‌خروس (۶۷/۳۲ و ۶۷/۳۵ درصد)، سلمه‌تره (۵۹/۱۳ و ۵۸/۸۴ درصد)، دم روباهی سبز (۶۶/۶۷ و ۶۸/۰۰ درصد)، پیچک (۶۳/۸۵ و ۸۳/۴۲ درصد) و کل علف‌های هرز (۶۱/۶۸ و ۶۹/۱۹ درصد) را کاهش داد. در این مرحله از رشد، افزایش تراکم می‌تواند با سرعت بخشیدن به بسته شدن کانوپی توان رقابتی گیاه زراعی را در برابر علف‌های هرز افزایش دهد و کنترل مناسب علف‌های هرز را در پی داشته باشد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد (۱۳). از طرفی، کودسبز با آزاد سازی فیتوتوکسین‌ها در محیط ریزوسفر و تغییر اسیدیته خاک مانع از جوانه زنی و استقرار علف‌های هرز شده و تراکم و زیست توده آن‌ها را کاهش می‌دهد (۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر زیست توده (گرم در متر مربع) علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در سه هفته پس از سبز شدن

Table 3- Mean comparison for the effect of canola green manure × sunflower density interaction on biomass (g/m^2) of *A. retroflexus*, *C. album*, *S. viridis*, *C. arvensis* and total weeds in three weeks after emergence

کود سبز Green manure	تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant.m^{-2})	تاج خروس ریشه قرمز *A. retroflexus*	سلمه‌تره *C. album*	دم روباهی سبز *S. viridis*	پیچک *C. arvensis*	کل Total
بدون کود سبز Without green manure	6	3.50^{a}	2.70^{a}	2.30^{a}	3.30^{a}	17.50^{a}
	8	3.40^{ab}	2.30^{a}	2.30^{a}	3.10^{a}	15.80^{b}
	10	3.10^{abc}	2.20^{a}	1.96^{bc}	2.30^{b}	15.60^{b}
با کود سبز With green manure	6	3.00^{bc}	1.70^{b}	2.10^{abc}	2.00^{bc}	12.90^{c}
	8	2.90^{c}	1.50^{b}	1.90^{c}	2.06^{bc}	13.30^{c}
	10	2.40^{d}	1.50^{b}	1.70^{c}	1.50^{c}	11.16^{d}

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD at α= 0.05.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر تراکم و زیست توده تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز مزرعه آفتابگردان در زمان گلدهی

Table 4- Analysis of variance for the effect of canola green manure and sunflower density on density and biomass of *A. retroflexus*, *C. album*, *S. viridis*, *C. arvensis* and total weeds at the time of flowering

منابع تغییر	درجه آزادی	تاج خروس ریشه قرمز *A. retroflexus*		سلمه تره *C. album*		دم روباهی سبز *S. viridis*		پیچک *C. arvensis*		کل Total	
S.O.V	df	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass
تکرار Replication	2	16.60**	553**	6.20**	80**	6**	131**	9.70**	142**	254**	3769**
کودسبز Green manure	1	180.50**	2348**	60.50**	819**	220.50**	2182**	138.80**	2343**	4672**	72936**
E_a	2	0.60	19	2.60	39	0.66	29	2.05	47	11	661
تراک بوته Plant density	2	26.10**	424**	10.80**	151**	15.50**	258**	10.70**	203**	516**	7867**
اثرمتقابل Interaction	2	2.10*	42*	4.60**	37*	1.50*	42**	2.70*	34*	77**	1138**
E_b	8	0.33	9	0.36	8	0.33	5	0.47	6	9	129
CV (%)	-	6.70	7.80	8.10	10.03	6.29	7.30	8.35	10.90	7.17	8.90

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر تراکم (بوته در متر مربع) و زیست توده (گرم در متر مربع) علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در زمان گلدهی

Table 5- Mean comparison for the effect of canola green manure × sunflower density interaction on density (plant/m^2) and biomass (g/m^2) of *A. retroflexus, C. album, S. viridis, C. arvensis* and total weeds at the time of flowering

کود سبز Green manure	تراکم Density (plant.m^{-2})	تاج خروس ریشه قرمز *A. retroflexus*		سلمه تره *C. album*		دم روباهی سبز *S. viridis*		پیچک *C. arvensis*		کل Total	
		تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass
بدون کود سبز Without green manure	6	15.30^{a}	58.20^{a}	11.50^{a}	43.00^{a}	15.00^{a}	50.00^{a}	13.00^{a}	40.40^{a}	84.30^{a}	292.40^{a}
	8	12.60^{b}	48.10^{b}	8.20^{b}	31.60^{b}	12.00^{b}	39.40^{b}	11.00^{b}	33.90^{b}	68.60^{b}	236.20^{b}
	10	8.00^{d}	30.50^{d}	7.60^{b}	29.70^{b}	11.00^{b}	32.10^{c}	9.00^{c}	24.20^{c}	59.00^{c}	192.90^{c}
با کود سبز With green manure	6	8.00^{d}	30.50^{d}	6.00^{c}	24.00^{c}	7.00^{c}	23.60^{d}	6.00^{d}	13.80^{d}	44.00^{d}	135.30^{d}
	8	6.00^{e}	24.50^{e}	6.00^{c}	22.20^{cd}	5.00^{d}	15.90^{e}	5.60^{ed}	9.50^{de}	39.00^{d}	114.20^{d}
	10	5.00^{e}	19.00^{f}	4.70^{d}	17.70^{d}	5.00^{d}	16.00^{e}	4.70^{e}	6.70^{e}	32.30^{e}	90.10^{e}

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD at α= 0.05.

تراکم و زیست توده علف‌های هرز هنگام رسیدگی فیزیولوژیک آفتابگردان

در این مرحله از رشد، تراکم و زیست توده تاج‌خروس، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر کودسبز و تراکم بوته آفتابگردان قرار گرفتند. اثر متقابل تیمارها نیز بر تراکم و زیست توده علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۶). به‌طوری‌که تراکم و زیست توده تاج‌خروس (۱۳/۶۰ بوته و ۸۶/۱۰ گرم در متر مربع)، سلمه‌تره (۱۲/۰۰ بوته و ۷۳/۹۰ گرم در مترمربع)، دم روباهی سبز (۱۳/۰۰ بوته و ۷۵/۹۰ گرم در متر مربع)، پیچک (۱۲/۷۰ بوته و ۶۱/۴۰ گرم در متر مربع) و کل علف‌های هرز (۷۹/۰۰ بوته و ۴۴۱/۲۰ گرم در متر مربع) در تراکم ۶ بوته آفتابگردان و بدون کاربرد کودسبز در بیش‌ترین و در تراکم ۱۰ بوته آفتابگردان تحت شرایط کاربرد کود سبز کلزا در کمترین میزان (۴/۳۰ بوته و ۲۵/۶۰ گرم در متر مربع به‌ترتیب با ۶۸ و ۷۰ درصد کاهش برای تاج‌خروس، ۲/۴۰ بوته و ۱۸/۰۰ گرم در متر مربع به‌ترتیب با ۸۰ و ۷۶ درصد کاهش برای سلمه‌تره، ۳/۰۰ بوته و ۱۶/۰۰ گرم در متر مربع به‌ترتیب با ۷۷ و ۷۶ درصد کاهش برای دم روباهی سبز، ۲/۶۰ بوته و ۵/۱۰ گرم در متر مربع به‌ترتیب با ۸۰ و ۹۲ درصد کاهش برای پیچک و ۱۹/۰۰ بوته و ۹۳/۱۰ گرم در متر مربع به‌ترتیب با ۷۶ و ۷۹ درصد کاهش برای کل علف‌های هرز) بود (جدول ۷). با کاهش تراکم بوته آفتابگردان و عدم کاربرد کود سبز، فضا و منابع بیش‌تری در اختیار علف‌های هرز قرار گرفت که این امر به افزایش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز منجر شد. در مقابل، افزایش تراکم بوته آفتابگردان با پر کردن فضاهای خالی و سایه‌اندازی مانع از جوانه‌زنی و استقرار علف‌های هرز شد. حتی اگر بذور علف‌هرز جوانه هم بزنند، به دلیل متراکم بودن و سایه اندازی بوته‌های آفتابگردان نیاز نوری علف‌های هرز برطرف نمی‌شود و در نتیجه رشد کافی نخواهند داشت. کلزا از جمله گیاهان زراعی است که به‌عنوان استریل کننده خاک و نیز کنترل کننده علف‌های هرز شناخته شده است. کود سبز کلزا می‌تواند از طریق آللوپاتی سبب مهار و یا تأخیر در جوانه‌زنی علف‌های هرز شود (۳).

شاخص کارایی کنترل علف‌هرز

نتایج ارزیابی قابلیت کودسبز و تراکم بوته در کنترل علف‌های هرز آفتابگردان نشان داد که تیمار کودسبز کلزا در تراکم ۱۰ بوته (GM-10) و تیمار عدم کاربرد کود سبز در تراکم ۸ بوته آفتابگردان (No-GM-8) در هر سه مرحله به ترتیب بیشترین و کمترین درصد کارایی کنترل علف‌های هرز تاج‌خروس، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز را داشتند (شکل ۳).

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر تراکم و زیست توده تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در زمان رسیدگی آفتابگردان

Table 6- Analysis of variance for the effect of canola green manure and plant density on density and biomass of *A. retroflexus, C. album, S. viridis, C. arvensis* and total weeds at the time of sunflower maturity

منابع تغییر	درجه آزادی	تاج خروس ریشه قرمز *A. retroflexus*		سلمه تره *C. album*		دم روباهی سبز *S. viridis*		پیچک *C. arvensis*		کل Total	
S.O.V	df	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass
تکرار Replication	2	8.10**	500**	2.70*	108**	5.05**	259**	1.70ns	65*	94.80*	3497**
کودسبز Green manure	1	162**	7080**	117.50**	4349**	193.30**	6358**	122.70**	4389**	5618**	181724**
E_a	2	1.10	84	1.05	53	1.30	62	1.72	51	48.60	1998
تراک بوته Plant density	2	18.50**	790**	24.20**	779**	15.30**	572**	29.05**	884**	789.30**	29166**
اثرمتقابل Interaction	2	5.10**	192*	2.80*	96**	2.38*	140*	5.05**	171**	141.10**	3424**
E_b	8	0.50	36	0.38	9	0.47	26	0.55	12	15.80	375
CV (%)	-	8.83	11.84	9.51	7.19	9.40	12.40	11.28	12.80	9.84	10.30

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر تراکم (بوته در مترمربع) و زیست توده (گرم در متر مربع) علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در زمان رسیدگی آفتابگردان

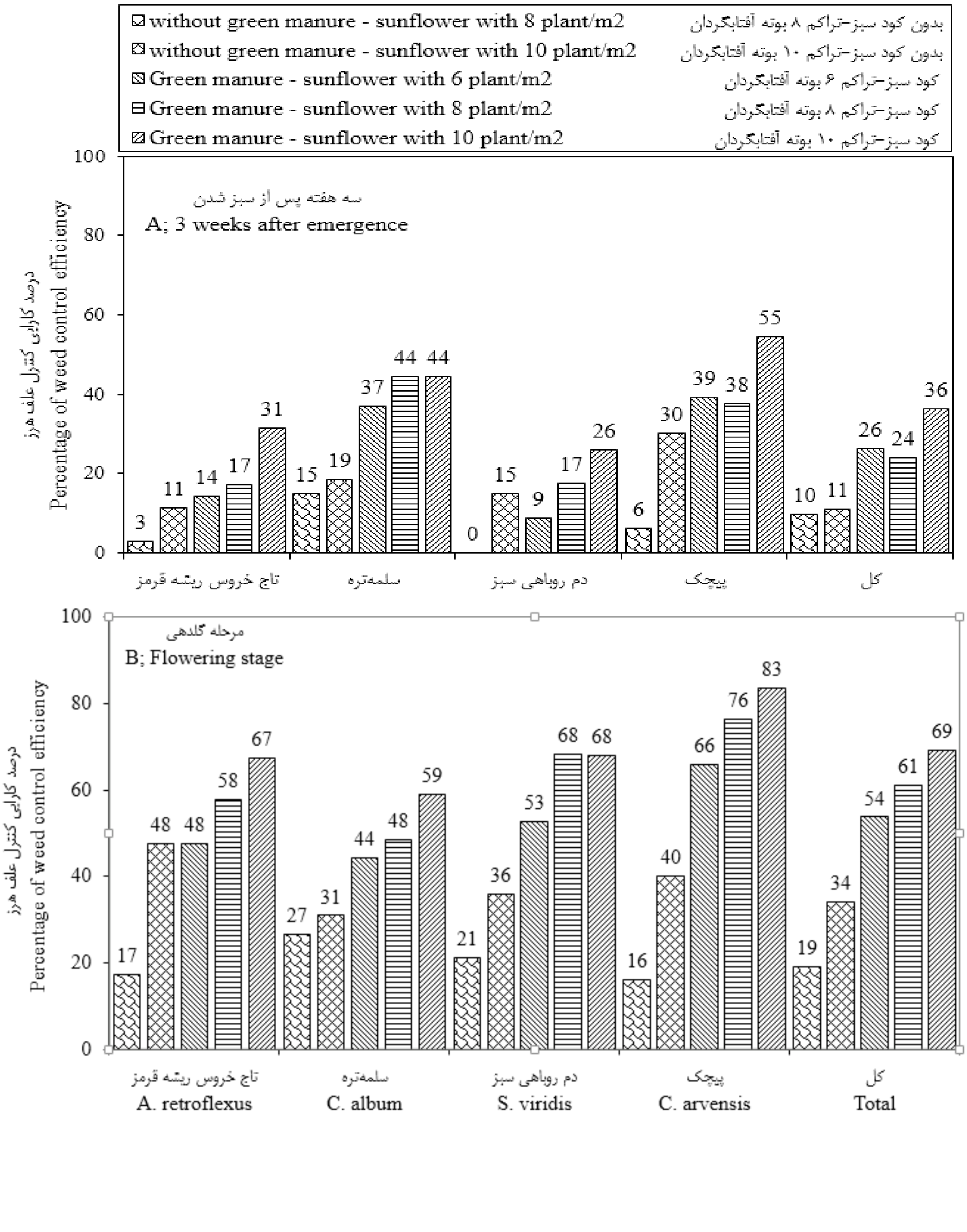
Table 7- Mean comparison for the effect of canola green manure × plant density interaction on density (plant/m²) and biomass (g/m²) of *A. retroflexus, C. album, S. viridis, C. arvensis* and total weeds at the time of sunflower maturity

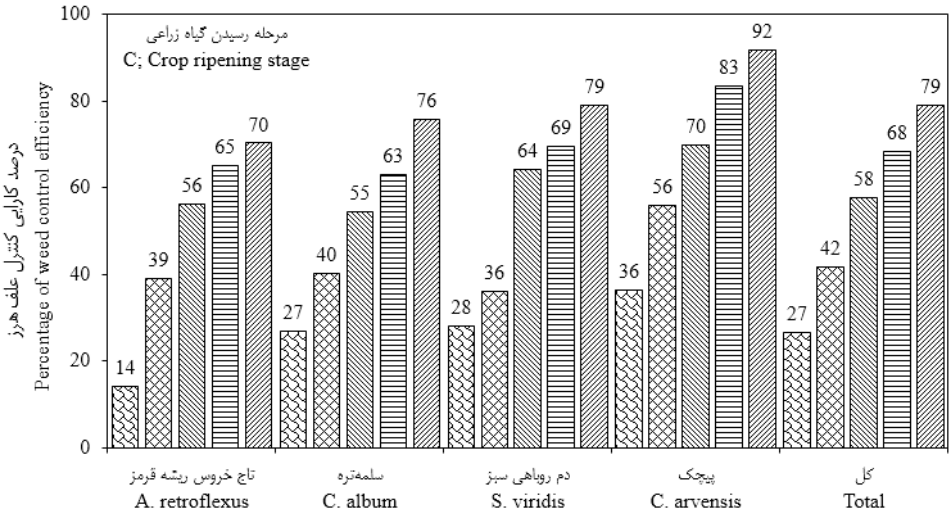
کود سبز Green manure	تراکم Density (plant/m²)	تاج خروس ریشه قرمز *A. retroflexus*		سلمه تره *C. album*		دم روباهی سبز *S. viridis*		پیچک *C. arvensis*		کل Total	
		تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass	تراکم Density	زیست توده Biomass
بدون کود سبز Without green manure	6	13.60a	86.10a	12.00a	73.90a	13.00a	75.90a	12.70a	61.40a	79.00a	441.20a
	8	11.00b	73.90b	8.50b	54.10b	10.00b	54.60b	8.30b	39.10b	58.30b	323.70b
	10	8.30c	52.50c	7.00c	44.10c	8.60c	48.60b	6.60c	27.00c	47.00c	257.10c
با کود سبز With green manure	6	6.00d	37.80d	5.40d	33.60d	5.00d	27.10c	5.30cd	18.60d	32.60d	186.30d
	8	4.60e	30.10de	4.30d	27.30e	4.00ed	23.20cd	4.00ed	10.20e	26.60d	139.7e
	10	4.30e	25.60e	2.40e	18.00f	3.00e	16.00d	2.60e	5.10e	19.00e	93.10f

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD at α= 0.05.

نکته قابل توجه این است که توانایی مهار علف‌های هرز در طول دوره رشد با افزایش تراکم بوته و نیز کاربرد کود سبز افزایش یافت. برای نمونه، کارایی تیمار GM-10 برای علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز و کل علف‌های هرز از سه هفته پس از سبز شدن تا رسیدگی آفتابگردان، به‌ترتیب از ۳۴ به ۷۰ و از ۳۶ به ۷۹ درصد افزایش یافت (شکل ۳). کود سبز کلزا از طریق فعالیت آللوپاتی سبب کنترل علف‌های هرز می‌شود. تراکم بالا نیز می‌تواند از طریق افزایش پتانسیل رقابتی گیاهان زراعی، علف‌های هرز را به‌طور مؤثری کنترل کند. افزایش تراکم بوته در مزرعه ذرت در کنترل علف‌های هرز بسیار موثر بوده و شاخص کارایی کنترل علف‌هرز را تا ۸۳ درصد افزایش داده است (۱۰).



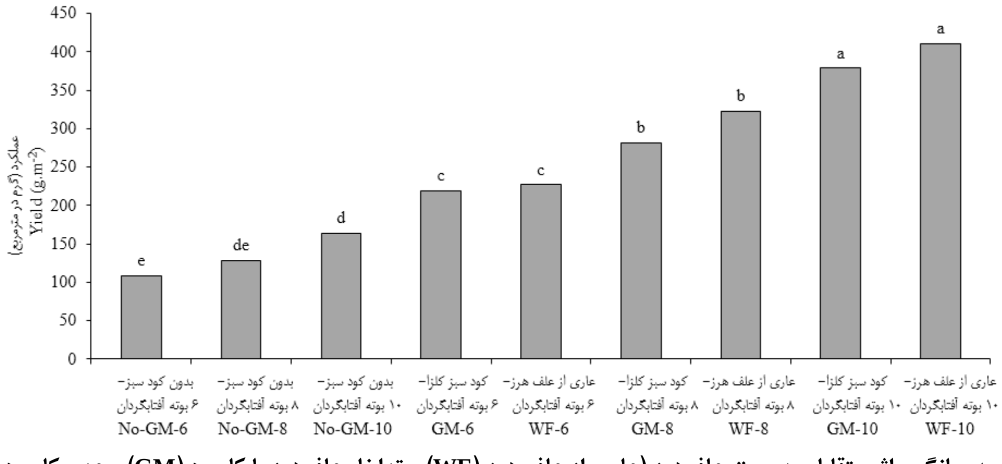


شکل ۳- مقایسه کاربرد و عدم کاربرد کود سبز کلزا و تراکم بوته آفتابگردان بر کارایی کنترل تاج خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، دم روباهی سبز، پیچک و کل علف‌های هرز در زمان‌های مختلف نمونه برداری

Figure 3- Comparison of using and non-using of canola green manure and sunflower density on weed control efficiency for *A. retroflexus*, *C. album*, *S. viridis*, *C. arvensis* and total weeds at the different sampling times

عملکرد دانه

عملکرد آفتابگردان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌هرز، تراکم بوته و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان (۴۱۱ گرم در متر مربع) به تراکم ۱۰ بوته و وجین علف‌های هرز تعلق گرفت و کم‌ترین عملکرد دانه (۱۰۹ گرم در متر مربع) نیز متعلق به تیمار بدون کنترل در تراکم شش بوته بود (شکل ۴). بین تیمار کود سبز در تراکم ۱۰ بوته و کنترل در تراکم ۱۰ بوته از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این امر به نقش کود سبز در کنترل علف‌های هرز، افزایش فعالت میکروبی، افزایش تحرک مواد غذایی و استفاده بهتر از آب و عناصر غذایی نسبت داده شده است (۲، ۷ و ۱۶). به نظر می‌رسد که در تراکم‌های پایین، جذب تابش خورشیدی و تولید ماده خشک به دلیل پایین بودن سطح برگ، کمتر است. سایر پژوهشگران نیز علت افزایش عملکرد ذرت در تراکم‌های بالا را جذب بیشتر تشعشعات خورشیدی توسط تاج پوشش گیاهی بیان کردند (۲۴).



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل مدیریت علف‌هرز (عاری از علف هرز (WF) و تداخل علف‌هرز با کاربرد (GM) و عدم کاربرد کود سبز کلزا (No-GM)) و تراکم بوته (٦، ۸ و ۱۰ بوته آفتابگردان در متر مربع) بر عملکرد آفتابگردان

میانگین‌های با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 4- Means comparison for the interaction effect of weed management (weed free and weed infested with using (GM) and non using (No-GM) canola green manure) and plant density (6, 8 and 10 sunflower plants.m^{-2}) on sunflower yield

Means followed by the same letters are not significantly different based on LSD at α= 0.05.

نتیجه‌گیری

اثر متقابل تیمارها بر تراکم و زیست توده علف‌های هـرز مزرعـه آفتابگردان معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌تـرین تـراکم و زیسـت تـوده علف‌های هرز به ترتیب از عدم کنترل در تراکم شش بوته و کود سبز در تراکم ۱۰ بوته به دست آمد. همچنـین، بـیش‌تـرین عملکـرد دانـه آفتابگردان (۴۱۱ گرم در متر مربع) به تراکم ۱۰ بوته در حالت کنتـرل علف‌هرز تعلق گرفت کـه بـا تـراکم ۱۰ بوتـه آفتـابگردان در شـرایط استفاده از کود سبز که عملکردی معادل ۳۷۹ گرم در متر مربع داشت، تفاوت معنی‌دار نداشت. بـا توجـه بـه اینکـه هـدف کشـاورزی پایـدار استفاده حداقل از علف‌کـش‌هـا و بـه کـارگیری روش‌هـای مـدیریتی جایگزین برای کنترل علف‌های هرز است، استفاده از کودسبز و تراکم مناسب گیاه زراعی می‌تواند راهبـردی مناسـب در ایـن زمینـه باشـد. بنابراین، استفاده از کودسبز کلزا و تراکم ۱۰ بوتـه آفتـابگردان ضـمن افزایش عملکرد باعث کنترل مؤثر علف‌های هرز نیز شد. لذا بـه نظـر می‌رسد کاربرد این تیمار در زراعت آفتابگردان، علاوه بر تولید عملکرد مطلوب از مصرف بی‌رویه علف‌کش که خطرات فراوانی برای انسان و محیط‌زیست دارد نیز می‌تواند جلوگیری کند.

منابع

1. Sparks D.L., Thompson H.A., and Gupta H.V. 2009. Visible changes in macro mica particles that occur with nickel depletion. Water Air and Soil Pollution 31: 217-230.
2. Akbari M., and Afshari H.R. 2014. Comparison of synthetic chelates and compost for phytoremediation of Cd, Ni and Pb from contaminated soil. Journal of Water and Soil 28(4): 217-230. (In Persian with English abstract)
3. Auskarniene O., Psibisauskiene G., Auskalnis A., Kadzys, A.K. 2010. Cultivar and plant density influence on weediness in spring barely crops. Zemdirbyste -Agriculture 97: 53- 60.
4. Bahadur S., Verma S.K., Prasad S.K., Madane A.J., Maurya S.P., Verma V.K., and Sihag S.K. 2015. Eco-friendly weed management for sustainable crop production-A review. Journal of Crop and Weed 11(1): 181-189.
5. Campiglia E., Paolini R., Colla G., and Mancinelli R. 2009. The effects of cover cropping on yield and weed control of potato in a transitional system. Field Crops Research 112: 16–23.
6. Francis C.A. 2019. Integrated weed management for sustainable agriculture. Agroecology and Sustainable Food Systems 43(3): 358-360.
7. Cherr C.M., Scholberg J.M.S., and McSorley R. 2006. Green manure approaches to crop production: A Synthesis. Agronomy Journal 98: 302–319.
8. Dhima K.V., Vasilakoglou I.B., Eleftherohorinos I.G., and Lithourgidis A.S. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effects on grass weed suppression and corn development. Crop Science 46: 345-352.
9. Egodawatta W.C.P., Sangakkara U.R., Wijesinghe D.B., and Stamp P. 2011. Impact of green manure on productivity patterns of home-gardens and fields in a Tropical Dry Climate, Trop. Agricultural Research 22(2): 172-182.
10. Glab T., and Kulig B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). Soil and Tillage Research 99: 169-178.
11. Gnanavel I., and Natarajan S.K. 2014. Eco-friendly weed control option for sustainable Agriculture- A review. Agricultural Review 35: 172-83.
12. Hamzei J., and Ghamari Rahim N. 2014. Evaluation of corn-soybean intercropping advantages using agronomic and weed control efficiency indices. Agricultural Science and Sustainable Production 24(3): 61-73. (In Persian with English abstract)
13. Haramoto E.R., and Gallandt E.R. 2005. Brassica cover cropping: II. Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Weed Science 53: 702-708.
14. Kaur H., Singh G., and Pandurang P. 2019. A Review on Different Weed Management Approaches. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(8): 2854-2859.
15. Kolb L.N., Gallandt E.R., and Mallory E.B. 2012. Impact of spring wheat planting density, row spacing, and mechanical weed control on yield, grain protein, and economic return in maize. Weed Science 60: 244-253.
16. Kumar R., Mahajan G., Srivastava S., and Sinha A. 2014. Green manuring: A boon for sustainable agriculture and pest management – a review. Agricultural Review 35(3): 196-206.
17. Larkin R.P., and Griffin T.S. 2007. Control of soilborne potato diseases using Brassica green manures. Crop Protection 26(7): 1067-1077.
18. Maitra S., Zaman A., Mandal T.K., and Palai J.B. 2018. Green manures in agriculture: A review. Pharmacognosy and Phytochemistry 7(5): 1319-1327.
19. Mohler C.L., Dykeman C., Nelson E.B., and Ditommaso A. 2012. Reduction in weed seedling emergence by pathogens following the incorporation of green crop residue. Weed Research 52: 467-477.

20. Nordby D., Hartzler E., and Robert G. 2005. Influence of corn on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) growth and fecundity. Weed Science 52: 255-259.
21. Rajcan I., and Swanton C.J. 2010. Understanding maize weed competition: resource competition, light quality and whole plant. Field Crops Research 71: 139-150.
22. Salahin N., Alam M.K., Islam M.M., Naher L., and Majid N.M. 2013. Effects of green manure crops and tillage practice on maize and rice yields and soil properties. Australian Journal of Crop Science 7(12): 1901-1911.
23. Singh RK., and Singh SRK Gautam US. 2013. Weed control efficiency of herbicides in irrigated wheat (*Triticum aestivum*). Indian Research Journal of Extension Education 13(1): 126-128.
24. Shah Z., Ahmad S.R., and Rahman H.U. 2010. Soil microbial biomass and activities as influenced by green manure legumes and N fertilizer in rice-wheat system. Pakistan Journal of Botany 42: 2589-2598.
25. Tejada M., Gonzalez J.L., GarcMartınez A.M., and Parrado J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. Bioresource Technology 99: 1758–1767.
26. Yadavi A.R., Ghalavand A., Aghaalikhani M., Zand E., and Fallah S. 2007. Effect of corn density and spatial arrangement on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) growth indices. Pajouhesh and Sazandegi 75: 33-42. (In Persian with English abstract)
27. Mohler C.L. 1996. Ecological bases for the cultural control of annual weeds. Production Agriculture, 9:468–474.
28. Westoby M., Leishman M., and Lord J. 1996. Comparative ecology of seed size and dispersal. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 351: 1309–1318.

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 501-514

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۱۴-۵۰۱

Effect of Integrated Application of Canola (*Brassica napus* L.) Green Manure and Planting Density on Weeds Control and Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield

J. Hamzei[1]*- H. Khani[2]- S.F. Hosseini[3]- R. Saberfar[4]
Received: 01-09-2020
Accepted: 19-12-2020

Introduction: Weeds are the most important limiting factor in agricultural systems and if they are not controlled, crop yields can be reduced up to 90% depending on the competitiveness of weeds and between 10 and 100% according to some literatures. One of the benefits of green manures is their ability to suppress weeds. Also, a higher crop density can reduce the biomass of weeds by reducing the amount of available light. Green fertilizers are plants cultivated in order to improve physical, chemical and biological soil properties and provide the necessary nutrients for the optimal crop growth. The use of different types of green manure is a suitable management for sustainable production in all agricultural ecosystems. In this way, the highest amount of light reaches to the crop and the least amount reaches to the competing weed. Increasing crop density can be an effective way to increase crop share of total source inventory and reduce weed dry weight. Rapeseed plant with allopathic substances in addition to food and medicinal uses, is also known as a weed controller providing a suitable environment for growing other plants by controlling weeds. This experiment was, therefore, performed to investigate the effect of canola green manure and planting density on weed control and sunflower yield.

Materials and Methods: the present study was conducted as split-plot design based on randomized complete block with three replications at the Research Farm of the Bu-Ali Sina University in 2015-2016 growing season, to evaluate the effect of canola green manure and crop density on weeds dynamic and sunflower yield. Weed free, using and non-using canola green manure were set as main-plots and sunflower densities (6, 8 and 10 plants.m^{-2}) were considered as sub-plots. Rapeseed was mixed with soil at the beginning of flowering stage and after two weeks, sunflower was planted in the main plots with the desired planting densities. The amount of rapeseed biomass at the time of return to the soil was about 6250 kg of shoot dry matter per hectare. In each sub-plot, six rows with five meters long were planted. Weeds were sampled to determine their density and dry weight in three stages (three weeks after emergence, flowering and physiological maturation of sunflower) with three replications by 1 × 1 m^2 quadrat. Weeds were counted by species and their biomass was measured after drying for 72 hours in an oven at 80 °C. Also, two square meters were taken from each experimental plot after applying the margin effect (one row on both sides and half a meter from the top and bottom of the planting row) so as to measure the yield of sunflower seeds. Weed control efficiency index was used to evaluate the ability of green manure and plant density in controlling weed of sunflower field. Data analysis was done by SAS ver. 9.1 and comparison of means was performed using LSD test at the significance level of 95%.

Results and Discussion: Maximum weeds density and biomass were found at the treatment of 6 plants.m^{-2} under non-using green manure. In comparison with this treatment, cultivation of sunflower with 10 plants.m^{-2} under using green manure increased weed control efficiency (WCE) up to 79% and decreased biomass of *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album, Setaria viridis, Convolvulus arvensis* and total weeds up to 70, 76, 99, 92 and 72 %, respectively. Sunflower yield at the 10 plants.m^{-2} density was the highest and the same under weed free and weed infested by using green manure. The interaction effect of treatments on density and biomass of sunflower field weeds was significant. The highest and lowest density and biomass of weeds were obtained from uncontrolled at a density of six plants and green manure at a density of 10 plants, respectively. Also, the highest yield of sunflower seeds (411 g.m^{-2}) was attributed to the density of 10 plants in weed control treatment, which was insignificantly different with the density of 10 sunflower plants in the application of green manure, which had a yield of 379 g.m^{-2}. This can be attributed to the role of green manure in controlling weeds, increasing microbial activity, increasing food mobility and better use of water and nutrients. It seems that at low densities, the absorption of solar radiation and dry matter production are lower due to the low leaf area. Other researchers have attributed increased corn yield at high densities to greater uptake of solar radiation by the

1, 2, 3 and 4- Associate Professor in Crop Ecology, Master of Science in Weed Science, Ph.D. Student and M.Sc. Student in Crop Ecology Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2020.32812.0

canopy.

Conclusion: Since the goal of sustainable agriculture is applying minimum herbicides and alternative management methods to control weeds, application of green manure and normal crop density can be a good strategy in this regard. Therefore, sunflower cultivation with density of 10 plant.m^{-2} and using green manure suppressed weeds and produced the highest yield. Therefore, this treatment can help to reduce herbicide application, and it will be an effective step for promotion of sustainable agriculture.

Keywords: Agronomical methods of weed control, Sustainable agriculture, Mulch, Integrated weed management